



## การวัดปริมาณรังสีดูดกลืนที่ต่อมธัยรอยด์ โดยใช้ ทีแอลดี Measurement of absorbed dose to the thyroid by using TLD

- จินตนา เหล่าไพบูลย์, เรวัตน์ เหล่าไพบูลย์  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- พงศธร ศุภอรธกร พบ., ศิริวัฒน์ นนทะชาติ,  
ธีระเดช สมเมือง, ผกาทิพย์ ทองพันธ์  
กลุ่มงานรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา  
ศูนย์มะเร็งอุบลราชธานี

### ABSTRACT

This research uses a thermoluminescent dosimeter (TLD ; LiF) to measure the dosage of gamma radiation at the thyroid of patients who had cancer in the head and neck area. The prescribed treatment plan was gamma radiation from Co-60 source : 50 Gy in five weeks. (10 Gy/week). The sample used in this research was 18 cancer patients. The thyroid was in the direct beam for treatments to the head and neck and received a large portion of the dosage. The cases studied in this research showed that the thyroid received  $43 \pm 10$  Gy. The lower limit (33 Gy) was greater than the ICRP standard value. This indicated that the current dose was too high. This research may be useful to doctors for future treatments.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำหัววัดปริมาณรังสีชนิด ทีแอลดี วัดปริมาณรังสีที่ต่อมธัยรอยด์ของผู้ป่วยที่มา  
รับการรักษาโรคมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอ โดยฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ให้กับคนไข้  
จำนวน 18 ราย ตลอดการวางแผนรักษาทางรังสี เซลล์มะเร็งจะได้รับปริมาณรังสี 50 เกรย์ ใน 5  
สัปดาห์ (10 เกรย์ต่อสัปดาห์) เนื่องจากการรักษาโรคมะเร็งดังกล่าวต่อมธัยรอยด์เป็นอวัยวะที่มีโอกาส  
ได้รับรังสีโดยตรง ดังนั้นปริมาณรังสีที่วัดได้จึงมีค่ามาก คือ ได้รับประมาณ  $43 \pm 10$  เกรย์ (ค่าต่ำสุด  
33 เกรย์) ซึ่งเกินกว่าที่คณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศกำหนด ผลการทดลองที่  
ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์สำหรับแพทย์เพื่อใช้พิจารณาการวางแผนรักษาทางรังสีต่อไป



## คำนำ

เครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้รักษาโรคมะเร็งซึ่งภายในเป็นแหล่งกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 จัดว่าเป็นเครื่องมือที่ทำให้ผู้ป่วยได้รับรังสีปริมาณสูง ซึ่งรังสีจะส่งผลให้ผู้ที่ได้รับมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่าง ๆ เช่น เสี่ยงต่อการเกิดผลทางพันธุกรรม เสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง เป็นต้น โอกาสเสี่ยงเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับ นอกจากนี้อวัยวะแต่ละส่วนของร่างกายมีความไวต่อรังสีแตกต่างกัน เช่น เลนส์ตา ต่อมธัยรอยด์ และอวัยวะสืบพันธุ์ จัดว่าเป็นอวัยวะที่มีความไวต่อรังสีสูง เมื่อได้รับรังสีมากเกินไปอาจทำให้เกิดต่อมธัยรอยด์ มะเร็งที่ต่อมธัยรอยด์ หรือเป็นหมันได้

ในการฉายรังสีเพื่อรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอบนนั้น ผู้ป่วยจะได้รับรังสีบริเวณอวัยวะอื่นที่มีได้เป็นมะเร็งเป็นบริเวณกว้าง ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในการฉายรังสี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวัดปริมาณรังสีบริเวณอวัยวะที่มีความไวต่อการตอบสนองของรังสี เช่น เลนส์ตา ต่อมธัยรอยด์ และอวัยวะสืบพันธุ์ ทั้งนี้เพื่อเฝ้าระวังอันตรายจากรังสีที่อาจไปทำลายเซลล์และเป็นการตรวจสอบปริมาณรังสีดูดกลืนบริเวณดังกล่าวตลอดช่วงเวลาของการรักษาโรคมะเร็ง

ในโครงการนี้ได้ทำการวัดปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ของผู้ป่วยที่มาับการรักษาโรคมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอด้วยเครื่องฉายรังสีรักษาโรคมะเร็งจากแหล่งกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 เพราะว่าการฉายรังสีบริเวณศีรษะนั้น ต่อมธัยรอยด์มีโอกาสได้รับรังสีมากกว่าเลนส์ตาและอวัยวะสืบพันธุ์ โดยใช้ Thermoluminescence dosimeter (TLD) ชนิด LiF แบบ chip ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดสีเหลี่ยม สีเทาที่เลือก TLD ชนิดนี้มาใช้วัดปริมาณรังสี เนื่องจากเป็นที่ยอมรับว่าเป็นหัววัดที่มีความไวต่อรังสีและมีความแม่นยำสูง<sup>(1)</sup> มีขนาดเล็ก สะดวกต่อการนำไปใช้งาน

## วิธีการทดลอง

### 1. การเตรียม TLD ก่อนนำไปติดบนตัวผู้ป่วย

1.1 นำ TLD แบบเม็ด ของบริษัท Harshaw ซึ่งเป็น TLD ชนิด Lithium fluoride จำนวน 100 เม็ด ไป anneal แบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (เทคนิคตามมาตรฐานของบริษัท Harshaw)

1.2 นำ TLD ที่ anneal แล้วทั้ง 100 เม็ดนั้นไปฉายรังสีโดยเครื่องฉายรังสีรักษาโรคมะเร็งด้วยแหล่งกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 ด้วยปริมาณรังสี 100 cGy แล้วนำมาอ่านค่าปริมาณแสงด้วยเครื่องอ่าน TLD ของบริษัท Harshaw/Bicron Model 3500

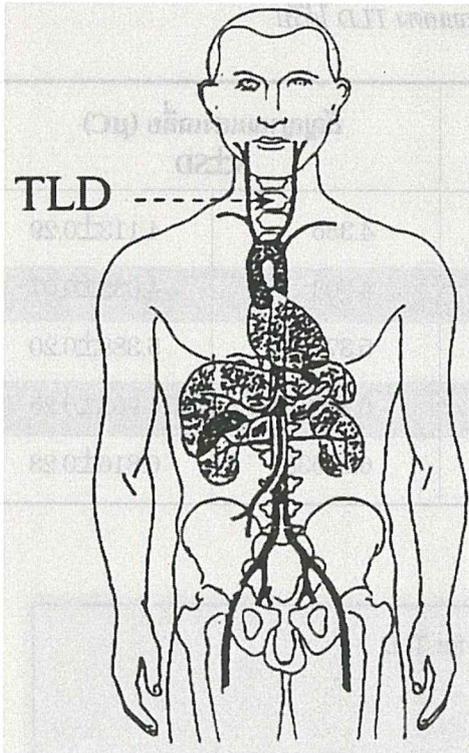
1.3 ทำเช่นเดิมกับข้อ 1.2 จนครบ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และคำนวณหาค่าแก้เนื่องจากความไวต่อรังสีของ TLD แต่ละเม็ดที่มีค่าไม่เท่ากันแก้ไขให้มีความไวต่อรังสีเท่ากัน ซึ่งค่านี้จะเรียกว่าค่า ECF (Element Correction Factor) ของ TLD และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (%SD)

1.4 Anneal TLD ตามข้อ 1.1

1.5 จัดแบ่ง TLD ออกเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่หนึ่งใช้ทำ TLD มาตรฐาน กลุ่มที่สองใช้เป็นตัวควบคุมสำหรับแก้ค่าแบคกราวด์ (Bkg) ส่วนกลุ่มที่สามเป็น TLD ที่จะนำไปติดที่ต่อมธัยรอยด์ของผู้ป่วย

### 2. การติด TLD บนตัวผู้ป่วย

โดยติดบริเวณเหนือ sternal notch 1 นิ้ว 1 เม็ด ดังแสดงในรูปที่ 1 แล้วทำการฉายรังสีผู้ป่วยด้วยเครื่องฉายรังสีรักษาโรคมะเร็งจากแหล่งกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 ด้วยเทคนิครังสีรักษาโรคที่บริเวณศีรษะและคอ



รูปที่ 1 ภาพแสดงการติด TLD บนตัวผู้ป่วย

รังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาโคบอลต์-60 โดยวัดปริมาณรังสีที่ฉายด้วยเครื่องวัดรังสีมาตรฐาน ทูติยภูมิ IONEX DOSEMASTER 2500 และใช้หัววัดรังสีแบบไอออนไนเซชันซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบความแม่นยำจากเครื่องวัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิจากต่างประเทศเป็นตัวกำหนดปริมาณรังสีให้แก่ TLD

#### 5. นำ TLD ที่ฉายรังสีมาอ่านด้วยเครื่องอ่าน TLD

TLD มาตรฐานที่เตรียมขึ้นนี้จะทำในช่วงปริมาณรังสีที่สูงเนื่องจากปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากเครื่องฉายรังสีรักษาโรคมะเร็งจากแหล่งกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 มีค่ามากในระดับเซนต์ิเกรย์ (cGy) การทำ TLD มาตรฐาน ในโครงการนี้ได้ทำที่ห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐาน ทูติยภูมิ (Secondary Standard Dosimetry Laboratory : SSDL) ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ยศเส กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้ตั้งมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 หน่วยงานนี้มีหน้าที่เปรียบเทียบมาตรฐานเครื่องวัดปริมาณรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์

#### 3. นำ TLD ที่ได้รับรังสีแต่ละชิ้นไปอ่านค่าปริมาณแสง

การอ่านค่าปริมาณแสงจะใช้เครื่องอ่าน TLD ของบริษัท Harshaw/Bicron Model 3500 แก่ค่า sensitivity ของ TLD แต่ละชิ้นด้วยค่า ECF แล้วนำค่าที่อ่านได้ไปเทียบกับ TLD มาตรฐาน

#### 4. การทำ TLD มาตรฐาน<sup>(2)</sup>

วัตถุประสงค์ของการทำ standard TLD นี้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับสัญญาณแสงสำหรับการใช้ในการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากผู้ป่วยที่มาทำการรักษาด้วยเครื่องฉายรังสีรักษาโรคมะเร็งจากแหล่งกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 โดยการนำ TLD ที่เตรียมไว้ ตามข้อ 1 จำนวน 15 เม็ด ไปฉาย

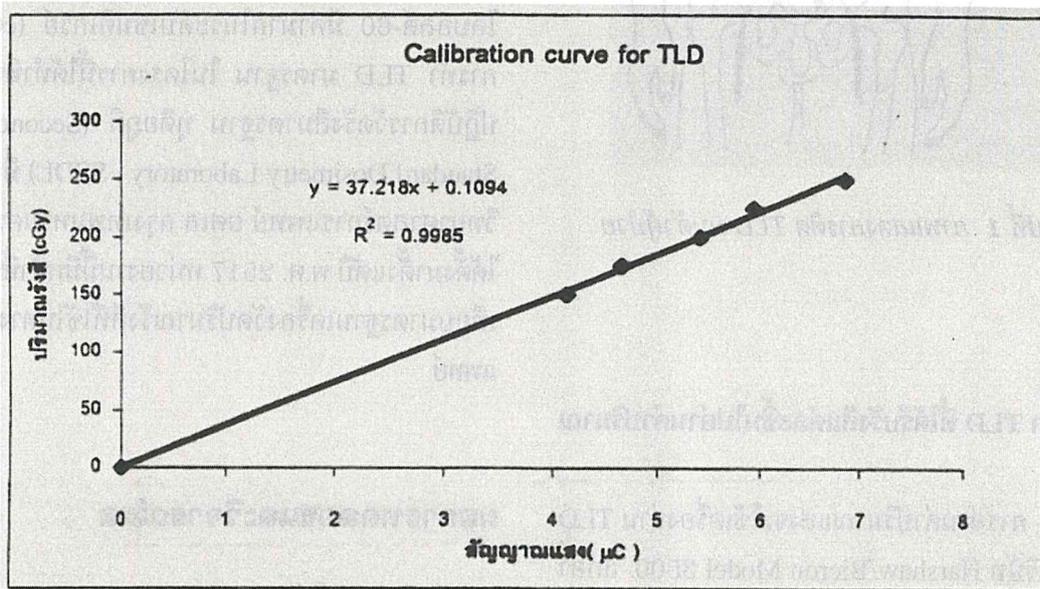
#### ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

##### 1. ผลการทำ TLD มาตรฐาน (Standard TLD)

นำ TLD ไปฉายรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐานที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ ดังนี้ 150, 175, 200, 225 และ 250 cGy แล้วนำไปอ่านสัญญาณแสงโดยเครื่องอ่าน TLD ของบริษัท Harshaw/Bicron Model 3500 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1 นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับสัญญาณแสงที่ TLD ได้รับ เพื่อใช้เป็นกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) ในการหาค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ ดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและสัญญาณแสดง TLD ได้รับ

ปริมาณรังสี (cGy)	สัญญาณแสง (μC)		สัญญาณแสงเฉลี่ย (μC) $\bar{x} \pm SD$	
150	4.152	3.081	4.386	4.113 $\pm$ 0.29
175	4.619	4.568	4.708	4.632 $\pm$ 0.07
200	5.58957	5.19757	5.37797	5.388 $\pm$ 0.20
25	5.74637	5.77213	6.19048	5.903 $\pm$ 0.25
250	7.04214	6.58091	6.82536	6.816 $\pm$ 0.23



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับสัญญาณแสงที่ TLD ได้รับ

## 2. ผลการวัดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ

จากการนำ TLD ไปติดที่ต่อมธัยรอยด์ของผู้ป่วยที่มารับการรักษาโรคมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอ แล้วนำไปอ่านค่าสัญญาณแสง จากนั้นนำค่าสัญญาณแสงที่ได้ไปคูณด้วยค่า ECF และแก้ค่า

เนื่องจาก Bkg (ถ้ามี) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปประเมินค่าปริมาณรังสีโดยใช้กราฟมาตรฐาน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 แสดงปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยแต่ละคนได้รับที่บริเวณต่อมธัยรอยด์

ผู้ป่วยคนที่	สัญญาณแสง ( $\mu\text{C}$ )	ปริมาณรังสีที่ต่อมธัยรอยด์ได้รับ (cGy)
1	3.659	136.292
2	4.123	153.563
3	3.912	145.709
4	3.853	143.510
5	4.453	165.850
6	4.123	153.564
7	3.6972	136.773
8	3.670	136.711
9	5.124	190.810
10	3.243	120.818
11	4.049	150.815
12	3.179	118.43
13	3.057	113.869
14	4.099	152.684
15	4.331	161.301
16	4.236	157.765
17	4.033	150.210
18	4.199	156.388

### 3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

กลุ่มผู้ป่วยที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ เป็นกลุ่มที่แพทย์มีการวางแผนรักษาทางรังสีเป็นแบบ 50 cGy ใน 5 สัปดาห์ ซึ่งจะฉายรังสีให้แก่เซลล์มะเร็งในปริมาณ 2 cGy ต่อวัน ให้สัปดาห์ละ 5 วัน จึงเป็น 10 cGy ต่อสัปดาห์ ดังนั้นผู้ป่วยแต่ละรายต้องทำการฉายรังสีทั้งสิ้น 25 ครั้ง ตลอดการวางแผนการรักษาทางรังสี

ดังนั้นปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ของผู้ป่วยที่ได้รับการวางแผนรักษาทางรังสีสามารถหาได้จากสมการที่ (1) ดังนี้คือ

ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ได้รับ (Gy) = ปริมาณรังสีแต่ละครั้งที่ได้รับ (Gy) x จำนวนครั้ง ..... (1)



### ตัวอย่างการคำนวณ

ผู้ป่วยคนที่ 1 จะได้รับปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ตลอดการวางแผนรักษาทางรังสีสามารถคำนวณได้ดังนี้

จากสมการที่ (1)

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ได้รับ (Gy)} &= \text{ปริมาณรังสีแต่ละครั้งที่ได้รับ (Gy)} \times \text{จำนวนครั้ง} \\ &= 1.36 \text{ Gy} \times 25 \text{ ครั้ง} \\ &= 34 \text{ Gy} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ที่ผู้ป่วยคนที่ 1 ได้รับตลอดการวางแผนรักษาทางรังสีเท่ากับ 34 Gy เมื่อนำสมการที่(1) หาค่าปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ที่ผู้ป่วยทั้งหมดได้รับตลอดการวางแผนรักษาทางรังสีจะได้ความสัมพันธ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยทั้งหมด 18 คนได้รับตลอดการวางแผนการรักษาทางรังสี

ผู้ป่วยคนที่	ปริมาณรังสีที่ต่อมธัยรอยด์ได้รับในแต่ละครั้ง (Gy)	ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ต่อมธัยรอยด์ได้รับ (Gy)
1	1.363	34.075
2	1.536	38.400
3	1.457	36.425
4	1.435	35.875
5	1.658	41.450
6	1.536	38.400
7	1.368	34.200
8	1.367	34.175
9	1.908	47.700
10	1.208	30.200
11	1.508	37.700
12	1.184	44.176
13	1.139	42.501
14	1.527	56.941
15	1.613	60.142
16	1.578	58.839
17	1.502	56.011
18	1.564	58.318



## การแปลงค่าปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ที่ผู้ป่วยได้รับตลอดการวางแผนรักษาทางรังสีในหน่วย Gy ให้เป็นหน่วย Sievert (Sv.)

เนื่องจากรังสีแต่ละชนิดมีผลต่อการทำลายเซลล์แตกต่างกัน รังสีที่อนุภาคใหญ่จะสามารถทำลายเซลล์ได้มากกว่ารังสีที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพราะอนุภาคมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทพลังงานเชิงเส้น (Linear Energy Transfer) สูงกว่า ดังนั้น การกำหนดปริมาณการทำลายเซลล์ไม่สามารถกำหนดในรูปของปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน Absorbed Dose ซึ่งมีหน่วยเป็น Gray (Gy) ได้ จึงต้องเปลี่ยนเป็นแสดงในค่า Dose Equivalent (D.E.) มีหน่วยเป็น Sievert (Sv) แทน โดยใช้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2)

$$\text{Dose Equivalent} = \text{ปริมาณรังสีในหน่วย (Gy)} \times \text{Q.F.} \quad \dots\dots(2)$$

เมื่อ Q.F. (Quality Factor) คือ ค่าคงที่ของการทำลายเซลล์ของรังสี

Quality Factor ของรังสีแกมมา (Gamma Rays) มีค่าเท่ากับ 1.0

### ตัวอย่างการคำนวณ

ผู้ป่วยคนที่ 1 จะได้รับปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ตลอดการวางแผนการรักษาทางรังสี ในหน่วย Sv. สามารถคำนวณได้ดังนี้ จากสมการที่ (2)

$$\begin{aligned} \text{Dose Equivalent} &= \text{ปริมาณรังสีในหน่วย (Gy)} \times \text{Q.F.} \\ &= 34.075 \text{ Gy} \times 1.0 \\ &= 34.075 \text{ Sv.} \end{aligned}$$

∴ ปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ที่ผู้ป่วยคนที่ 1 ได้รับตลอดการวางแผนการรักษาทางรังสีเท่ากับ 34.075 Sv.

เมื่อใช้สมการที่ (2) แปลงค่าปริมาณรังสีในหน่วย Gy จะได้ ปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ที่ผู้ป่วยได้รับตลอดการวางแผนรักษาทางรังสีในหน่วย Sv. ดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 แสดงปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยทั้ง 18 คน ได้รับตลอดการวางแผนการรักษาทางรังสีในหน่วย Sv.

ผู้ป่วยคนที่	ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ต่อมัยรอยต์ได้รับ (Gy)	ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ต่อมัยรอยต์ได้รับ (Sv.)
1	34.075	34.075
2	38.400	38.400
3	36.425	36.425
4	35.875	35.875
5	41.450	41.450
6	38.400	38.400
7	34.200	34.200
8	34.175	34.175
9	47.700	47.700
10	30.200	30.200
11	37.700	37.700
12	44.176	44.176
13	42.501	42.501
14	56.941	56.941
15	60.142	60.142
16	58.839	58.839
17	56.011	56.011
18	58.318	58.318
ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสี ( $\bar{x} \pm SD$ )	43.640 $\pm$ 10.073	43.640 $\pm$ 10.073



## สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าผู้ป่วยทั้ง 18 คน ได้รับรังสีปริมาณสูงมากโดยเฉลี่ย 43 Sv. ซึ่งมีค่าเกินกว่าที่คณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศกำหนด<sup>(3)(4)</sup> ปริมาณรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ที่สูงนี้ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องเทคนิคการรักษา ถึงแม้ว่าปริมาณรังสีดังกล่าวจะไม่ทำให้ผู้ป่วยเกิดผลอย่างเฉียบพลันต่ออวัยวะอื่น ๆ แต่ปริมาณรังสีดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะทำให้ผู้ป่วยเกิดผลข้างเคียง เช่น มีอาการเหนื่อยชา เชื่องซึม เป็นต้น

ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการรักษาทางรังสีสำหรับแพทย์และเจ้าหน้าที่รังสีเทคนิคในการหาวิธีการที่จะให้บริเวณต่อมธัยรอยด์ได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุดเท่าที่จะปฏิบัติได้โดยอาจใช้วัสดุกำบังรังสีบริเวณต่อมธัยรอยด์ในคนไข้เฉพาะรายที่สามารถทำได้ หรือใช้เครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษา (Radiation Treatment Planning System) ในการวางแผนการรักษา เพื่อให้ต่อมธัยรอยด์ได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

1. S.W.S. Mckeever, M.Moscovitch and P.D. Townserd. Thermoluminescence Dosimetry Material : Properties and Uses. Nuclear Technology Publishing, England (1995) p.30-35
2. จินตนา เหล่าไพฑูลย์ และ เรวัตน์ เหล่าไพฑูลย์. เทคนิคการวัดปริมาณรังสีด้วยเครื่องวัดรังสีเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 11 ฉบับที่ 3 (2539) หน้า 85-93
3. International Commission on Radiological protection, Recommendations of the International Commission on Radiological protection. ICRP Publication 26. Oxford ; Pergamon Press, 1977
4. International Commission on Radiological protection. Recommendations of the International Commission on Radiological protection. ICRP Publication 9. Oxford ; Pergamon Press, 1977